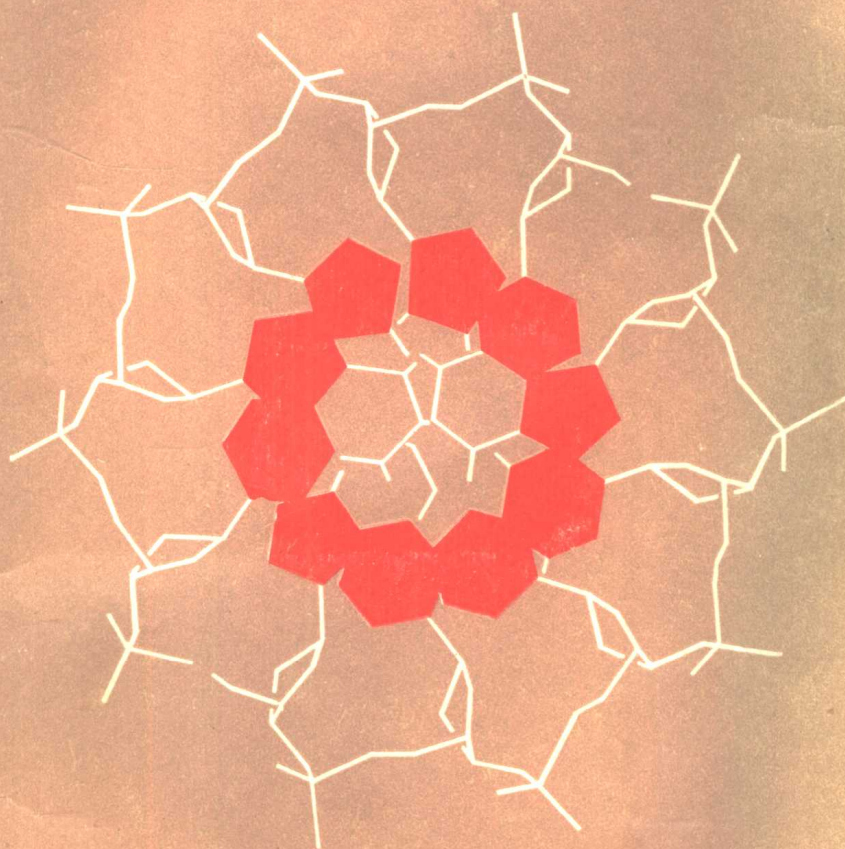


高等医药院校教材

生物化学教程

须育方 主编



北京工业大学出版社

5
F
3

高等医药院校教材

生物化学教程

主编 须育方(首都医学院)
编委 田梦玉(西安医科大学)
吴广义(青岛医学院)
沈芳兰(青岛医学院)
邵国英(上海第二医科大学)
林性玉(上海第二医科大学)
周兰华(西安医科大学)
周秀贞(昆明医学院)
赵学海(蚌埠医学院)
须育方(首都医学院)
黄如彬(首都医学院)
蒋秉坤(蚌埠医学院)

北京工业大学出版社

内 容 简 介

本书为高等医药院校教材，系统阐述生物化学的基本理论和概念，内容简明扼要，深入浅出。为反映生物化学的近代进展，本书对核酸、酶、生物能学、蛋白质生物合成、核酸代谢和基因工程方面作了较为详细的讨论，重点叙述了生物化学的新理论、新知识。本书特别注意联系医学实践，尽可能介绍生物化学理论在医学方面的应用。本书各章之后都附有多选题，A、B、C、K型题比例合理，难度适当，列出的答案可供参考，便于自学复习。本书适合高等医药院校各专业使用，也适合医学工作者和教师参考。

生 物 化 学 教 程

须育方 主编

北京工业大学出版社出版

新华书店北京发行所发行

首都医学院印刷厂、北京工业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 30 印张

1988年10月第一版 1988年10月第一次印刷

印数:1~11500 730千字

ISBN 7-5639-0021-7/R·1

定价: 8.50元

编写说明

生物化学是基础医学的重要课程之一，随着医学生物学的发展，生物化学的内容日益扩充深化，在有限的教学时数内，既全面又精练地讲授生物化学的主要内容，是教学实践中的重要课题。本书在编写过程中，比较全面地回顾了当前生物化学在医学领域中的应用和发展概况以及各院校的教学状况，精选出在基础医学和临床医学实践中必需的基础理论知识，按当前大多数院校的课时安排，调整各部分内容的比例，以适应教学需要。内容上以介绍当代公认的成就和结论为主，除非必要，一般性的历史回顾不再涉及。

考虑到本书的读者绝大多数是医学工作者，全书内容侧重于医学生物化学方面。

生物化学涉及的知识领域十分广泛，与其他学科的交叉渗透十分紧密，某些内容的学科归属也尚未定论。为此，我们在编写过程中对生物化学的学科范围进行了较为详细的讨论。一般认为，比较全面地介绍生物化学的内容，使读者对生物化学的研究范畴有比较系统的了解是十分必要的，但考虑到教学课时的限制，事实上不可能将各部分内容都作详细深入的讨论。编者认真地权衡了各部分内容的比重，在加强基础理论知识方面，突出重点，并尽可能做到深、广度适宜。同时，为避免偏颇，加强了各部分内容之间的内在联系，使全书成为一个整体。当然，为教学安排的需要，可以对内容作相应的调整和增删。在复习题的设计上也考虑到循序渐进，难易结合，题量适宜。

全书除绪论概要介绍生物化学研究的内容及其与基础医学和临床医学的关系外，其余分为3部分计16章：蛋白质化学、核酸化学、维生素、酶等4章为静态生物化学部分；糖代谢、脂类代谢、生物能学、蛋白质分解代谢、核酸代谢与基因工程原理、蛋白质生物合成、激素、物质代谢联系及其调节等8章为动态生物化学部分；血液、肝胆生化、钙磷镁及微量元素代谢、水、电解质及酸碱平衡等4章为机能生物化学部分。实际上这些章节彼此紧密相关、互相渗透、是不能分割的。

本书在各章之后都编写了复习题。题型采用多选题形式。使用这些复习题时，应以掌握理论内容为目的，不能满足于记忆这些复习题的答案。

本书计量单位和表达方式全部采用法定计量单位。为方便对照，本书仍将旧制单位括注在法定单位量值之后。

生物化学是一门实验性学科，生物化学的理论都来源于实验研究。因此，理论知识和实验技能的学习具有同等的重要性，两者不能偏颇。为配合生物化学实验课的开设，我们编写了《医用生物化学实验》一书（首都医学院主编 天津科学技术出版社出版 1987），读者可以参考。

本书在编写过程中得到各院校领导的高度重视和支持。各校生化教师为本书的编写提出了许多宝贵意见。北京工业大学杨小玲、首都医学院吕金陵、史小苓、王泽生、潘颖等在负责习题编选、插图绘制和校对方面做了许多工作。编者在此一併表示谢意。

由于编者对教材的编写尚缺乏经验，书中不妥之处在所难免，恳请读者给予批评指正。

编者

1988年1月于西安

本书在编写过程中所使用的主要参考书如下:

张昌颖主编. 生物化学. 第二版. 人民卫生出版社, 1985

林钧材主编. 生物化学. 辽宁科学技术出版社, 1987

沈同等主编. 生物化学. 人民教育出版社, 1980

浙江医科大学等合编. 生理生化学与医学. 科学出版社, 1987

王德宝、祁国荣主编. 核酸: 结构、功能与合成. 科学出版社, 1987

鲁子贤. 蛋白质化学. 科学出版社, 1984

许根俊. 酶的作用原理. 科学出版社, 1984

方允中、陈能乾. 医学酶学. 人民卫生出版社, 1984

陈惠黎、李文杰. 分子酶学. 人民卫生出版社, 1983

Stryer L. Biochemistry. 2nd ed. W.H. Freeman and Company. San Francisco. 1981

Lehninger AL. Biochemistry. 2nd ed. Worth Publishers Inc. 1970

Smith EL, et al. Principles of Biochemistry. 7th ed. McGraw-Hill Book Company. 1983

Martin Jr DW, et al. Harper's Review of Biochemistry, Lange Medical Publications. 1983

Friedman PJ. Biochemistry. 2nd ed. Little, Brown and Company. 1982

Davies J, Littlewood BS. Elementary Biochemistry. Prentice-Hall Inc. 1979

Conn EE et al. Outlines of Biochemistry. John Wiley and Sons, Inc. 1987

Montgomery R. Biochemistry. A Case-Oriented Approach. 4th ed. The C.V. Mosby Company. 1983

Devilin TM. Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations. John Wiley and Sons, Inc. 1986

Orten JM, et al. Human Biochemistry. 10th ed. The C.V. Mosby Company. 1982

目 录

绪论.....	1	六、多核苷酸.....	38
第一章 蛋白质化学.....	4	第二节 DNA的分子结构.....	38
第一节 蛋白质的分子组成.....	4	一、DNA的一级结构.....	38
一、蛋白质的元素组成.....	4	二、DNA的二级结构.....	40
二、蛋白质的构件分子		三、DNA的三级结构.....	42
——氨基酸.....	4	四、原核细胞DNA的结构.....	43
第二节 蛋白质的分子结构.....	11	五、真核细胞DNA的结构.....	44
一、肽键与肽.....	12	第三节 RNA的分子结构.....	47
二、蛋白质的分子构象.....	14	一、RNA的一级结构.....	47
三、蛋白质分子构象的维系力.....	19	二、RNA的二级结构.....	48
第三节 蛋白质结构与功能的关系.....	21	三、RNA的三级结构.....	49
一、蛋白质一级结构与功能的		四、真核细胞RNA的结构特点.....	50
关系.....	21	五、原核细胞RNA的结构特点.....	51
二、蛋白质空间构象与功能的		第四节 核酸的理化性质.....	52
关系.....	22	一、核酸分子的大小.....	52
第四节 蛋白质的理化性质.....	23	二、核酸的水解.....	52
一、两性解离和等电点.....	23	三、核酸的紫外吸收光谱.....	52
二、高分子性质.....	23	四、核酸的变性与复性.....	53
三、变性作用.....	25	五、核酸的其它理化性质.....	54
四、沉淀作用.....	26	第三章 维生素.....	59
五、呈色反应.....	27	第一节 水溶性维生素.....	59
第五节 蛋白质的分类.....	27	一、B族维生素.....	59
一、单纯蛋白质.....	27	二、维生素C.....	65
二、结合蛋白质.....	28	第二节 脂溶性维生素.....	67
第二章 核酸化学.....	33	一、维生素A.....	67
第一节 核酸的分子组成.....	33	二、维生素D.....	70
一、含氮碱.....	34	三、维生素E.....	71
二、戊糖.....	35	四、维生素K.....	71
三、核苷.....	35	第四章 酶.....	75
四、核苷酸.....	35	第一节 酶的分子组成和结构.....	75
五、重要的游离核苷酸.....	36	一、酶的分子组成.....	75
		二、酶的分子结构.....	77

205.8/8290624/5019

第二节 酶的分类与命名.....81	第五节 糖的分解代谢..... 115
一、酶的分类.....81	一、糖的无氧分解..... 115
二、酶的命名.....82	二、糖的有氧分解..... 120
第三节 酶促反应的特点和作 用机制.....82	三、磷酸戊糖途径..... 128
一、酶促反应的特点.....82	四、糖醛酸途径..... 132
二、酶促反应的作用机制.....83	五、己糖相互转变..... 133
第四节 酶促反应动力学.....86	第六节 糖异生作用..... 133
一、酶浓度对酶促反应初速度 的影响.....86	一、糖异生作用的途径..... 133
二、底物浓度对酶促反应初速 度的影响.....86	二、糖异生作用的生理意义..... 135
三、温度对酶促反应初速度的 影响.....90	第七节 糖代谢调节..... 137
四、pH对酶促反应初速度的影 响.....91	一、底物或产物浓度对糖代谢 的调节..... 137
五、激活剂对酶促反应初速度 的影响.....92	二、变构剂对糖代谢的调节..... 137
六、抑制剂对酶促反应初速度 的影响.....92	三、激素对糖代谢的调节..... 138
七、变构剂对酶促反应初速度 的影响.....98	四、糖代谢途径之间的相互 调节..... 139
第五节 酶在医学上的应用..... 100	第八节 糖代谢障碍..... 140
一、酶活性的测定..... 100	一、高血糖及糖耐量试验..... 140
二、体液中酶活性改变的原理..... 101	二、低血糖..... 141
三、酶与疾病的发生..... 101	三、糖原积累症..... 141
四、酶与疾病的治疗..... 101	
第五章 糖代谢..... 106	第六章 脂类代谢..... 147
第一节 糖类的生理功能..... 106	第一节 脂类的生理功能..... 147
第二节 糖的消化吸收..... 106	一、供能储能..... 147
第三节 血糖..... 108	二、构成生物膜..... 148
一、血糖的浓度..... 108	三、其它功能..... 148
二、血糖的来源和去路..... 109	第二节 脂类的消化和吸收..... 148
三、血糖浓度的调节..... 109	一、脂类的消化..... 148
第四节 糖原合成与分解..... 110	二、脂类的吸收..... 149
一、糖原合成..... 111	第三节 血脂..... 150
二、糖原分解..... 113	一、血浆中脂类的含量..... 150
	二、血浆脂蛋白质..... 150
	三、血浆游离脂肪酸的运转..... 156
	第四节 甘油三酯的中间代谢..... 156
	一、脂肪的动员..... 156
	二、脂肪酸的氧化分解..... 158
	三、酮体的生成和利用..... 163
	四、脂肪酸的合成..... 165

五、甘油的代谢.....	171	一、氮平衡.....	21 ⁴
六、甘油三酯的合成.....	171	二、必需氨基酸.....	215
第五节 磷脂的代谢.....	173	三、食物蛋白质的互补作用.....	215
一、磷酸甘油酯的代谢.....	173	第二节 食物蛋白质的消化吸收.....	216
二、神经鞘脂的代谢.....	176	一、食物蛋白质的消化.....	216
第六节 胆固醇的代谢.....	179	二、氨基酸的吸收.....	218
一、胆固醇的消化吸收.....	179	三、残剩蛋白质和氨基酸的腐	
二、胆固醇的合成.....	179	败作用.....	219
三、胆固醇的代谢转变与排泄.....	181	四、血液氨基酸的动态平衡.....	220
四、胆固醇代谢的调节.....	181	第三节 氨基酸的脱氨基作用.....	222
第七节 脂类代谢紊乱.....	182	一、转氨基作用.....	222
一、脂类的消化吸收障碍.....	182	二、氧化脱氨基作用.....	224
二、高脂蛋白血症.....	182	三、联合脱氨基作用.....	225
三、动脉粥样硬化.....	183	第四节 氨和 α -酮酸的代谢.....	226
四、酮体症.....	184	一、氨的代谢.....	226
五、脂肪肝.....	184	二、 α -酮酸的代谢.....	230
六、肥胖.....	184	第五节 氨基酸的脱羧基作用.....	232
第七章 生物能学.....	189	一、 γ -氨基丁酸的生成.....	232
第一节 生物体内能量代谢的		二、组胺的生成.....	232
规律.....	189	三、5-羟色胺的生成.....	233
一、自由能.....	189	四、儿茶酚胺类的生成.....	233
二、生物体内能量的载体——		五、牛磺酸的生成.....	233
ATP.....	190	六、多胺类的生成.....	234
第二节 线粒体氧化体系.....	194	第六节 一碳单位的代谢.....	235
一、氧化还原反应.....	194	一、一碳单位的生成和转运.....	235
二、呼吸链.....	195	二、一碳单位的代谢功能.....	237
三、氧化磷酸化.....	201	第七节 氨基酸的特殊代谢反应.....	238
第三节 线粒体外NADH的氧化.....	206	一、脂肪族氨基酸的特殊代谢	
一、磷酸甘油穿梭系统.....	206	反应.....	238
二、苹果酸穿梭系统.....	207	二、芳香族氨基酸的特殊代谢	
第四节 微粒体及其它氧化系统.....	207	反应.....	244
一、加单氧酶反应体系.....	207	三、杂环族氨基酸的特殊代谢	
二、过氧化氢和超氧化物代谢.....	209	反应.....	244
第八章 蛋白质分解代谢.....	214	第九章 核酸代谢与基因工程原理.....	250
第一节 蛋白质营养.....	214	第一节 核酸的消化和吸收.....	250
		第二节 核苷酸代谢.....	251

一、嘌呤核苷酸代谢.....	251	一、胰岛素.....	315
二、嘧啶核苷酸代谢.....	256	二、胰高血糖素.....	317
三、脱氧核糖核苷酸的合成.....	260	三、生长素.....	318
第三节 DNA合成.....	263	四、抗利尿激素.....	319
一、DNA复制.....	263	第二节 氨基酸衍生物激素.....	319
二、DNA的损伤与修复.....	272	一、甲状腺激素.....	319
三、逆转录.....	275	二、儿茶酚胺类激素.....	323
第四节 RNA合成.....	276	第三节 类固醇激素.....	325
一、RNA转录.....	277	一、皮质醇.....	327
二、RNA复制.....	28 ³	二、醛固酮.....	327
第五节 基因工程原理.....	284	三、类固醇激素的代谢.....	328
一、基因工程概念.....	284	第四节 脂肪酸衍生物激素.....	330
二、分子病与基因疗法.....	287		
第十章 蛋白质生物合成.....	291	第十二章 物质代谢联系及其调节.....	336
第一节 蛋白质生物合成体系.....	291	第一节 物质代谢的联系.....	336
一、mRNA的作用及其原理.....	291	一、糖类与脂类的代谢联系.....	336
二、tRNA的作用及其原理.....	293	二、糖类与氨基酸的代谢联系.....	336
三、rRNA的作用及其原理.....	294	三、脂类与氨基酸的代谢联系.....	337
四、氨基酰-tRNA合成酶.....	295	四、核酸与其它物质的代谢联系.....	338
五、参与蛋白质生物合成的蛋 白因子.....	295	第二节 物质代谢的调节.....	339
第二节 蛋白质多肽链的合成过程.....	296	一、物质代谢平衡的概念.....	339
一、氨基酸的活化.....	296	二、细胞内代谢调节的方式.....	340
二、翻译过程.....	297	三、细胞间代谢调节的方式.....	344
三、无核糖体参与的多肽合成.....	303	第三节 物质代谢的整体调节作用.....	350
四、翻译后的加工修饰.....	303	一、饥饿状态下的整体调节.....	350
第三节 蛋白质生物合成的调节.....	305	二、应激状态下的整体调节.....	352
一、转录水平的调节.....	305		
二、翻译水平的调节.....	308	第十三章 血液.....	356
第四节 蛋白质生物合成阻断剂.....	308	第一节 血液的化学成分.....	356
一、抗生素阻断剂.....	308	一、血液化学组成概况.....	357
二、毒素类阻断剂.....	310	二、血液非蛋白含氮物.....	357
三、蛋白质类阻断剂.....	310	三、血浆蛋白质.....	358
第十一章 激素.....	315	第二节 血液凝固.....	363
第一节 蛋白质和多肽激素.....	315	一、血液凝固.....	364
		二、纤维蛋白溶解.....	370
		第三节 红细胞代谢.....	372

一、糖无氧分解与2,3-二磷酸 甘油酸支路.....	372	第十五章 钙磷镁和微量元素代谢	411
二、氧化还原系统.....	373	第一节 钙磷代谢.....	411
第四节 血红素合成和铁代谢.....	374	一、血钙和血磷.....	411
一、血红素的生物合成.....	374	二、钙磷的吸收与排泄.....	412
二、铁代谢.....	377	三、钙磷代谢的调节.....	413
第五节 血液的气体运输.....	379	四、钙磷代谢紊乱.....	419
一、氧的运输.....	379	第二节 镁代谢.....	419
二、二氧化碳的运输.....	384	一、镁的吸收排泄和血镁平衡.....	419
第十四章 肝胆生化	390	二、镁的生理作用.....	420
第一节 肝脏在物质代谢中的 作用.....	390	三、镁代谢紊乱.....	420
一、肝脏在糖代谢中的作用.....	390	第三节 微量元素代谢.....	420
二、肝脏在脂代谢中的作用.....	390	一、锌.....	421
三、肝脏在蛋白质代谢中的作用.....	391	二、铜.....	421 ¹
四、肝脏在维生素代谢中的作用.....	392	三、锰.....	423
五、肝脏在激素代谢中的作用.....	392	四、氟.....	424
第二节 胆汁酸代谢.....	393	五、铬.....	424
一、胆汁酸化学.....	393	六、钴.....	425
二、胆汁酸代谢.....	394	七、硒.....	425
三、胆汁酸的生理作用.....	397	八、钼.....	426
第三节 肝脏的生物转化作用.....	397	第四节 骨牙代谢.....	426
一、第一相反应.....	398	一、骨的化学组成.....	427
二、第二相反应.....	399	二、成骨作用.....	428
第四节 胆色素代谢.....	401	三、溶骨作用.....	429
一、胆红素的生成.....	401	四、牙的代谢.....	0
二、胆红素的运输.....	403	第十六章 水、电解质与酸碱平衡	433
三、胆红素在肝内的转化.....	403	第一节 水与电解质的生理功能.....	433
四、胆红素在肠道中的变化及 胆素原的肠肝循环.....	405	一、水的生理功能及摄入排出.....	433
五、血清胆红素与黄疸.....	406	二、电解质的生理功能.....	435
第五节 肝功能检查.....	407	第二节 体液的含量、分布与组成.....	436
一、胆色素代谢.....	407	一、体液的含量与分布.....	436
二、蛋白质代谢.....	407	二、体液的电解质组成.....	437
三、血浆酶类.....	407	三、各部分体液的交换.....	438
四、糖、脂、氨基酸代谢.....	407	第三节 体液的平衡和调节.....	441
五、生物转化.....	407		

一、钠代谢.....	441	二、酸碱平衡的调节.....	450
二、钾代谢.....	442	第六节 酸碱平衡紊乱.....	455
三、体液平衡的调节.....	442	一、代谢性酸中毒.....	456
第四节 水与电解质平衡紊乱.....	447	二、代谢性碱中毒.....	456
一、体液减少.....	447	三、呼吸性酸中毒.....	456
二、体液过多.....	448	四、呼吸性碱中毒.....	457
三、低血钾与高血钾.....	449	复习思考题说明及答案.....	460
第五节 酸碱平衡.....	449	要目索引.....	464
一、体内酸碱物质的来源.....	450		

绪 论

生物化学 (biochemistry) 是当代科学技术领域, 特别是医学生物学领域中发展最为迅速的学科。生物化学以生物体为对象, 研究生物体的物质组成, 体内进行的代谢反应以及代谢反应和生命活动之间的关系, 探索生命现象的本质。在医学领域中, 生物化学的目的在于通过对人体生命活动的了解, 研究维护人体健康, 防治疾病的途径。

医学生物化学的研究范围, 可大致概括为以下几个方面:

一、研究生物体的物质组成——静态生物化学 (static biochemistry): 主要研究人体组成物质的性质, 了解组成物质与生命现象的关系。人体由多种化合物组成 (表 1)。

表1 人体的主要物质组成

组 分	占体重百分数	组 分	占体重百分数
蛋 白 质	15~18	无 机 盐	3~4
脂 类	10~15	水 分	55~67
糖 类	1~2		

组成人体的主要物质虽仅有蛋白质、脂类、糖类和无机盐等几个大类, 但各类中都含有许许多多不同的化合物。例如, 人体蛋白质的种类估计在十万种以上, 它们分子结构不同、功能各异。人体还含有许多含量较少, 但对生命活动有极为重要作用的核酸、核苷酸、维生素、激素、氨基酸等多种化合物以及各种微量元素。从物质组成的角度来看, 人体的组成成分是极为复杂的, 新的组成成分还在不断发现。研究人体物质组成是医学生物化学的一个重要方面。

蛋白质、核酸等物质是生物体所特有的, 是生命活动的主要物质基础。在化学结构上, 它们都属于极其复杂的高分子化合物, 通常把这些物质称为生物分子 (biomolecule)。在化学上生物分子又由比较简单的小分子物质组成, 如蛋白质由氨基酸组成, 核酸由核苷酸组成。习惯上又把组成生物大分子的简单分子称为构件分子 (building-block molecule)。

对生物大分子的研究, 近30年来已取得了许多重要的进展。自从1953年英国生物化学家 Sanger 经过十余年的努力, 阐明了胰岛素的氨基酸顺序以来, 已有1500多种蛋白质的氨基酸顺序被确定。近年来对核酸的研究进展更快, 目前已完成了对噬菌体全部48502个核苷酸顺序的测定。许多生物大分子的空间构象也初步搞清。为在分子水平上深入研究生物分子的功能创造了条件。

对生物体物质组成研究的另一个重要方向, 是通过人工途径合成生物大分子, 这方面的工作进展也很快, 目前含有数十个氨基酸的多肽, 含有数十个核苷酸的多核苷酸已能顺利

地人工合成。人工合成生物大分子的目的不仅在于验证化学分析的结果是否正确，更重要的是：通过对合成生物大分子物质的研究，更深入的了解生物分子的功能，探索生命起源，以及制备难于从生物材料中获得的医疗用的生物活性物质。我国继1965年创先人工合成胰岛素之后，又于1981年合成了酵母丙氨酸tRNA，为这方面的工作做出了贡献。

二、研究体内进行的代谢反应——动态生物化学 (dynamic biochemistry)：生物的重要特征之一是进行代谢 (metabolism)。代谢就是体内进行的化学反应过程。在了解人体物质组成的基础上，进一步研究这些物质在体内参与的代谢反应，是揭示生命现象本质的重要环节。

人体的组成物质都是从外界获得的，外界的营养物质经过体内的代谢过程，一部分被氧化分解，释放出能量，维持生命活动对能量的需要；另一部分则转变为人体的组成成分，以保证人体生长发育和更新修复的需要。人体在一生中从外界摄入的主要营养物质，数量相当巨大 (表 2)。

表2 人体一生营养物质摄入量 (按60岁计)

营养物质	摄入量(公斤)	营养物质	摄入量(公斤)
糖 类	10 000	蛋 白 质	1 000
脂 类	1 000	水 份	60 000

人体除摄入蛋白质、糖类、脂类等主要营养物质外，还需摄入相当数量的维生素、无机盐、微量元素等才能维持健康。营养物质中的小分子物质可被人体直接吸收，大分子化合物如蛋白质、淀粉、脂类等都需经过消化，将大分子化合物水解成小分子物质，才能被人体吸收。营养物质被吸收以后，通过体内错综复杂的代谢反应，或进行氧化分解，释放出供人体利用的热能和化学能——异化作用 (dissimilation)，或转变为人体的组成成分——同化作用 (assimilation)。同时，体内原有的物质也在进行各种代谢过程，不断更新再生。体内进行的代谢反应极为复杂，各种组织细胞的代谢过程也不尽相同，物质代谢反应的进行绝大多数都需要体内合成的生物催化剂——酶 (enzyme) 的参与才能顺利进行。人体内的各种代谢反应处于动态平衡状态，这种动态平衡的维持依赖于各种调节因素的存在，如神经系统、激素、维生素衍生物、核苷酸等多种化合物。因此研究代谢反应调节机制的原理，也是生物化学研究的重要方面。在生物化学中常把对代谢反应具有重要影响的调节物质称为生物活性物质 (biological active material)。

三、研究代谢反应与生理机能之间的关系——机能生物化学 (functional biochemistry)：人体具有肌肉收缩、神经冲动传导、腺体分泌、视觉、催化等多种多样的生理机能，这些生理机能无一不以物质代谢为基础。十分明显，只有研究代谢反应与生理机能之间的关系，才能对生命现象有本质的了解。通过对视觉现象的生物化学研究，发现视觉的代谢基础是由于光子作用于视网膜细胞中的视紫红质 (rhodopsin)。视紫红质是维生素 A (视黄醛) 与视蛋白 (opsin) 的结合物，受光照作用后、视黄醛的构型即发生改变，激发神经冲动，引起视觉。而肌肉收缩则是以肌纤维中的蛋白质在神经冲动的作用下发生相对位移为基础的。机能生物化学是生物化学研究领域中最发展得最快，研究工作

开展得最为活跃的部分。

通过对生物化学的多年研究，已初步揭示了遗传和变异现象的分子本质，确认其物质基础为存在于细胞内的一类生物大分子，即核酸分子。核酸分子中核苷酸的排列顺序，即为遗传现象最终的物质基础。基因是具有特定的核苷酸顺序的核酸区段。运用此原理发展起来的基因工程学 (gene engineering) 日益成为当前科学技术研究领域中的热点。通过基因工程，可对基因进行修饰改变或将来源不同的基因进行剪辑拼接，以克服先天性基因缺陷造成的疾患或取得特殊的基因产物，甚或创造新的物种。这方面的工作已为世界各国所重视。

在生物化学研究工作中，当研究某种组成成分的化学结构和性质时，必然涉及其在体内所参与的代谢反应和这些代谢反应与生理机能之间的关系。因此，对物质组成、代谢反应、机能关系三方面的研究是互相沟通、彼此联系、相辅相成的，也只有深入地对这三方面进行综合系统研究，才能对生命现象和本质有彻底的了解。

生物化学是一门实验性科学，研究生物体的物质组成、代谢过程、机能关系等内容，都以实验研究为基础。生物化学实验技术的发展，对生物化学的发展具有决定意义。生物化学实验技术本身的研究，几乎成为一门独立的学科。掌握生物化学的实验研究技术，是研究生物化学过程的必备条件。

生物化学是重要的基础医学学科，与其他基础医学学科的关系十分密切。随着医学科学的发展，解剖学、组织学、病理学、药理学、微生物学等基础学科，已逐步深入到利用生物化学的理论和技術，从分子水平来解决各学科的学术问题。在临床医学方面，许多疾病的诊断防治，离不开生物化学的理论和方法。疾病的发生发展，常与全身或局部组织的代谢异常互为因果。正确地纠正代谢异常，是疾病痊愈的前提。因此，疾病的起因、回归，实际上也是一个生物化学过程。运用生物化学技术检测疾病过程中的代谢变化是指导治疗的重要手段。血清丙氨酸转氨酶对肝炎、血尿酸对胰腺疾病的诊断及治疗、观察血液葡萄糖水平对糖尿病的监控、血浆脂类检测对心血管疾病的诊断预防等等，均是临床上不可缺少的手段。生物化学在研究生物大分子方面取得的进展，极大地推动了临床医学的发展。应用分子水平解决临床问题，日益受到重视，生物化学的理论和方法已是基础与临床医学工作者、卫生保健人员不可缺少的知识。

(首都医学院 须育方)

第一章 蛋白质化学

蛋白质 (protein) 是生物体最重要的组成成分。它之所以重要不仅因为它含量高 (约占人体干重的45%)；分布广 (遍布生物体每一生命单位)；种类多 (估计人类有十多万种以上)。更重要的是：它是一切生命现象和生理机能的体现者。例如，机体新陈代谢过程的一系列化学反应之所以能顺利地进行，是因为有作为生物催化剂的蛋白质——酶的作用；调节物质代谢的许多激素是蛋白质或多肽。天然防护蛋白质——免疫球蛋白、干扰素、可以抵御异物对机体的侵害或抗击病菌、病毒的感染；其它诸如物质运输、肌肉收缩、血液凝固、损伤修复、生长、繁殖等生命现象和生理机能无不与蛋白质有关。现代分子生物学研究表明：蛋白质在遗传信息的控制、生物膜通透、神经冲动的发生和传导以及高等动物的记忆等方面都起着极为重要的作用。因此，学习蛋白质化学是认识生命的开端。本章着重介绍蛋白质的分子组成及其结构、蛋白质结构与功能的关系、蛋白质的理化性质及其分类。

第一节 蛋白质的分子组成

一、蛋白质的元素组成

蛋白质都含有碳 (50~55%)、氢 (6~8%)、氧 (19~24%)、氮 (13~19%)、硫 (0~4%) 等元素。有些蛋白质还含有少量磷、铁、铜、锰、锌、钴、钼等金属元素，个别蛋白质含有碘。各种蛋白质含氮量都很相近，平均约为16%。由于蛋白质是体内主要的含氮物质，因此只要测定样品中的氮含量，就可推算出蛋白质的约略含量。

$$\begin{aligned} \text{样品含蛋白质量} &= \text{样品含氮重量 (按克或毫克计算)} \times \frac{100}{16} \\ &= \text{样品含氮重量} \times 6.25 \end{aligned}$$

$$100\text{克样品中蛋白质的含量 (克\%)} = \text{每克样品中含氮克数} \times 6.25 \times 100$$

上式中的6.25 (即 $\frac{100}{16}$) 称为蛋白质系数，是测定样品中蛋白质含量的常用数据。

二、蛋白质的构件分子——氨基酸

蛋白质是分子量很大，分子结构非常复杂的生物分子，它的构件分子是氨基酸 (amino acid)。蛋白质分子量的单位是道尔顿 (dalton)，一道尔顿等于一个氢原子的质量。

(一) 氨基酸的结构特点 用酸、碱或蛋白酶 (proteinase) 水解蛋白质，最终都可以得到约20种氨基酸的混合物，证明氨基酸是组成蛋白质的基本单位。组成蛋白质的氨基酸有20种，它们在结构上各有不同，但又有其共性。氨基酸在 α -碳原子上都有一个氨基和一个羧基，故名为 α -氨基酸。除最简单的甘氨酸之外，其它氨基酸的 α -碳原子都是手性

碳原子，表现有光学异构现象，因之就有L-型和D-型之分。组成蛋白质的氨基酸都属于L-型，在Fischer投影式上氨基都位于手性碳原子的右侧。



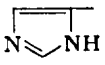
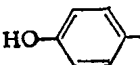
如采用旋光异构化合物R-S构型表示方法，除半胱氨酸为R-构型外，其余氨基酸均为S-构型。

组成蛋白质的20种氨基酸的结构，见表1-1，由表中可见各种氨基酸的结构差异在于 α -碳原子上的侧链（R基）不同。

生物界也存在一些D-型氨基酸，但为数不多。它们主要存在于一些微生物产生的抗菌素以及个别植物的生物碱中。例如，短杆菌肽S中含有D-苯丙氨酸。

D-型和L-型氨基酸虽为同分异构体，但D-型氨基酸不能参与蛋白质的合成，在某些情况下甚至能抑制某些生物的生长。例如，乳酸菌在含有L-亮氨酸培养基上能正常生长，换以D-亮氨酸时，乳酸菌生长即受到抑制，当重新给予L-亮氨酸时，生长才能恢复正常。

（二）氨基酸的分类 组成蛋白质的20种氨基酸，可按其各自的R基结构，酸碱性质以及有无极性R基进行分类。从蛋白质理化性质及其生物学意义上看，依其有无极性R基分类更为重要（见表1-1）。

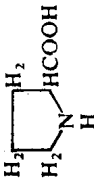
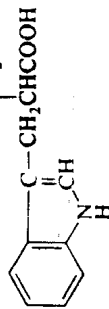
氨基酸中有11种的R基上带有极性基团，其中包括天冬氨酸、谷氨酸的 $-\text{COOH}$ 、赖氨酸的 $-\text{NH}_2$ 、组氨酸的 、精氨酸的 $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(\text{NH})=\text{NH}-$ 、丝氨酸和苏氨酸的 $-\text{OH}$ 、酪氨酸的 、半胱氨酸的 $-\text{SH}$ 、天冬酰胺和谷氨酰胺的 $-\text{CO}-\text{NH}_2$

这些基团与蛋白质的结构、构象、理化性质及其生物学功能密切相关，极性R基是亲水性的。有些氨基酸带脂肪族烃基侧链如亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸、丙氨酸、蛋氨酸。有些带芳香族烃基侧链；如苯丙氨酸。这些R基具有疏水性质，其中以丙氨酸疏水性最小，它介于非极性R基和不带电荷的极性R基之间。脯氨酸是一个环状亚氨基酸。色氨酸和组氨酸R基为氮杂环，也称为杂环氨基酸。甘氨酸R基氢有极性，但它与 $-\text{COOH}$ 、 $-\text{NH}_2$ 以及 α -碳上的氢同处在 α -碳原子上，由于羧基和氨基的极性很强，同时受 α -碳原子上的氢的干扰，极性很弱，因此甘氨酸的侧链介于极性和非极性R基之间。

不带电荷的极性氨基酸中以半胱氨酸和酪氨酸的R基极性最强。

带电荷的R基氨基酸中，有的具有较强的碱性，等电点大于pH7，称之为碱性氨基酸

表1-1 组成蛋白质的氨基酸结构和分类

分类	名称与缩写	结构式	pK α -COO $^-$	pK α -HN $_3^+$	pK-R	PI	分类		
非极 性 R 基 氨 基 酸	丙氨酸 (丙) alanine, Ala, A	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{CHCOOH} \end{array}$	2.34	9.69		6.00	中 性 氨 基 酸		
	缬氨酸 (缬) valine, Val, V	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ NH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CH}-\text{CHCOOH} \end{array}$	2.32	9.62		5.96			
	亮氨酸 (亮) leucine, Leu, L	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ NH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$	2.36	9.60		5.98			
	异亮氨酸 (异) isoleucine, Ile, I	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \text{ NH}_2 \\ \quad \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}-\text{CHCOOH} \end{array}$	2.36	9.69		6.02			
	蛋氨酸 (蛋) methionine, Met, M	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_3\text{SCH}_2\text{CH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$	2.28	9.21		5.74			
	脯氨酸 (脯) proline, Pro, P			1.99	10.60	6.30			
	苯丙氨酸 (苯) phenylalanine, Phe, F	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{CHCOOH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	1.83	9.13		5.48			
	色氨酸 (色) tryptophane, Trp, W		2.83	9.39		5.89			
	极 性 R 基 氨 基 酸	甘氨酸 (甘) glycine, Gly, G	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{CH}_2\text{COOH} \end{array}$	2.34	9.60			5.97	极 性 R 基 氨 基 酸
		丝氨酸 (丝) serine, Ser, S	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 \\ \\ \text{HOCH}_2\text{CHCOOH} \end{array}$	2.21	9.15			5.68	